RÔLE DU MODE DE FORMULATION SUR LA SURVIE ET L'ACTIVITÉ ANTAGONISTE D'AGENTS DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES FUSARIOSES DE PLANTES CULTIVÉES.

C. STEINBERG, V. EDEL, C. ALABOUVETTE
INRA-CMSE, Laboratoire de Flore Pathogène du sol,17 rue Sully, BV 1540, 21034 Dijon Cedex. Email : steinberg@dijon.inra.fr

Parmi les maladies cryptogamiques dont sont affectées les plantes maraîchères et les plantes horticoles, la fusariose vasculaire, trachéomycose due aux formes pathogènes (*formae speciales*) du champignon *Fusarium oxysporum*, est l'une des plus problématiques car il n'existe pas à ce jour de moyen de lutte chimique spécifique. La lutte biologique faisant appel à la compétition entre d'un coté la forme pathogène spécifique de *Fusarium oxysporum* et de l'autre, une forme non pathogène appartenant à la même espèce en présence ou non de bactéries du genre *Pseudomonas* donne des résultats satisfaisants dans les conditions de culture sous serre en substrat artificiel et en sol désinfecté (Alabouvette *et al.*, 1993). Cependant, l'utilisation de micro-organismes en lutte biologique suppose une inoculation des souches antagonistes dans le substrat de culture, préalablement au semis ou au repiquage. De plus, tous les sols maraîchers ne sont pas systématiquement désinfectés. Les souches introduites dans ces sols sont donc confrontes, outre l'adversité des facteurs abiotiques, aux mécanismes de régulation liés à la présence des micro-organismes indigènes (prédation, compétition pour le substrat ou l'espace, antibiose...) (Alabouvette & Steinberg, 1995).

L'efficacité de la lutte biologique contre les fusarioses repose donc sur deux composantes principales au moins : (i) une réelle activité antagoniste des agents de lutte biologique en situation de production agricole, (ii) un système d'application qui permette l'expression de cette activité.

(i) L'activité antagoniste de la souche non pathogène de *Fusarium oxysporum* Fo47 et de la souche *de Pseudomonas fluorescens* C7r12, utilisées seules ou en association contre des formes pathogènes de *F. oxysporum* a été démontrée (Lemanceau & Alabouvette, 1991).

(ii) Afin de définir un système d'application optimum, des inoculums de Fo47 et de C7r12 ont été préparés en utilisant différents supports de formulation : liquide, talc, microgranulés et microgranulés enrichis en substrat C et N. Ce dernier mode de formulation a été récemment décrit et utilisé avec succès pour l'inoculation de *Bradyrhizobium japonicum* à des cultures de soja (Fouilleux *et al.*, 1996). Dans le cas des supports de formulation liquide et microgranulés, enrichis ou non, les deux agents de lutte biologique ont été apportés seuls, en association dans le même support de formulation ou bien en combinaison de deux inoculums formulés séparément. Dans tous les cas, la survie des

Source : MNHN, Paris

agents de lutte biologique introduits dans des sols désinfectés ou naturels ■ été appréciée par dénombrement sur milieu sélectif en boîte de Pétri. L'activité antagoniste des souches Fo47 et C7r12 introduites en sols naturels ou désinfectés par les différents systèmes de formulation a été mesurée par des tests biologiques sur lin en présence d'une souche de *F. oxysporum* pathogène du lin.

La survie des populations bactériennes et fongiques introduites en sol naturel selon différents modes de formulation est représentée respectivement figures 1 et 2 et l'activité antagoniste de ces populations est représentée figures 3 et 4. La meilleure survie des inoculums de C7r12 est obtenue avec les microgranulés enrichis en substrat C+N comparée à celle obtenue en utilisant la formulation liquide classique et surtout le support microgranulés non enrichis, aussi bien en sol naturel qu'en sol désinfecté (fig.1). Les formulations talc et support microgranulés non enrichis présentent des avantages pratiques de préparation et conservation mais ne peuvent être envisagés que pour des inoculums fongiques et ne permettent pas une mise en activité suffisamment rapide de la population de Fo47 notamment en sol naturel (fig.2). Le support microgranulés enrichis favorise le développement des populations introduites en sol naturel et désinfecté. Il permet surtout une mise en activité très rapide de la population de Fo47 qui est capable de croître en sol naturel et assure de ce fait une meilleure protection des plantes vis-à-vis du pathogène (fig. 3). De même, en stimulant la croissance bactérienne, l'utilisation du support microgranulés enrichis renforce l'interaction positive Fo47-C7r12 quel que soit le support de formulation adopté pour Fo47 en combinaison avec C7r12.

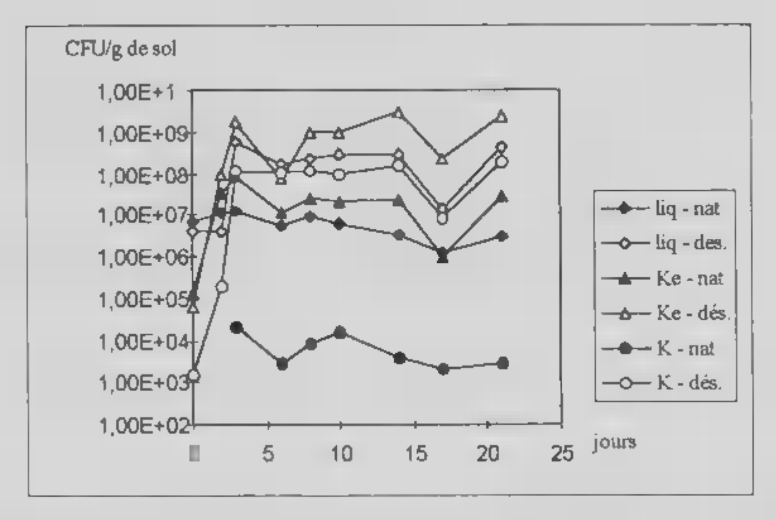


Fig. 1. — Dynamique des populations de C7r12 introduites en sol naturel (nat) ou désinfecté (dés) à l'aide de différents modes de formulation : liquide (liq), microgranulés (K), microgranulés enrichis (Ke).

Source : MNHN, Paris

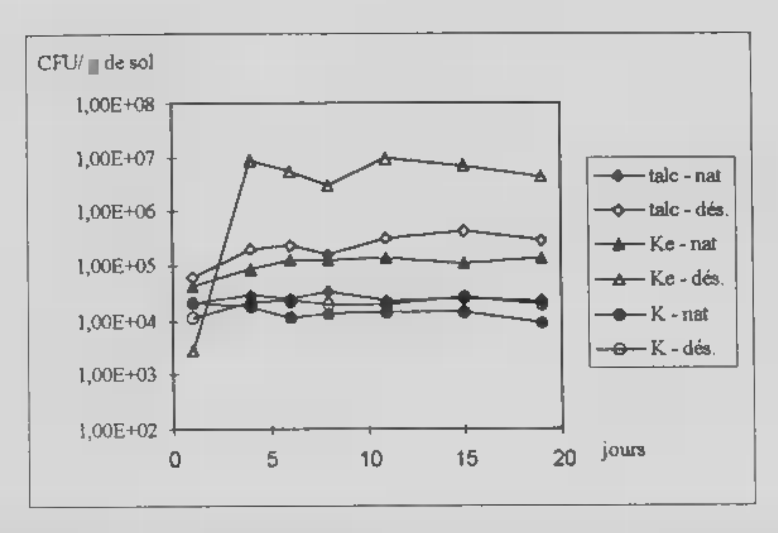


Fig. 2. — Dynamique des populations de Fo47 introduites en sol naturel (nat) ou désinfecté (dés) à l'aide de différents modes de formulation : liquide (liq), microgranulés (K), microgranulés enrichis (Ke).

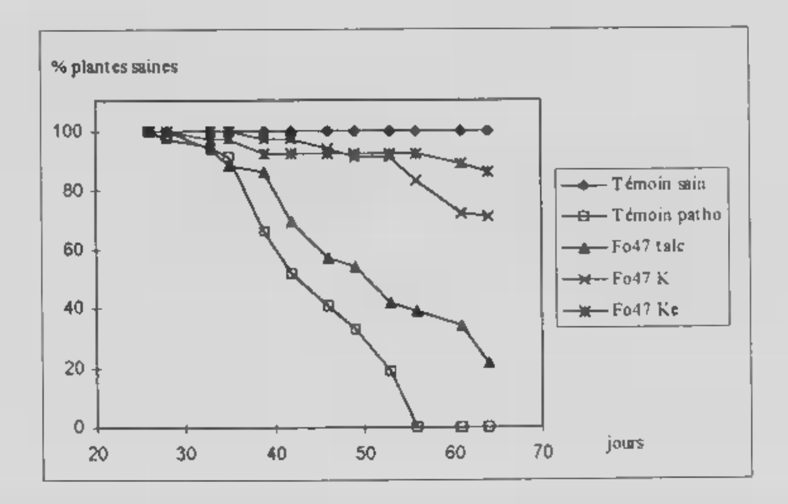


Fig. 3. — Activité antagoniste de la souche de *F. oxysporum* non pathogène Fo47 vis-à-vis de la souche pathogène du lin Foln3. La souche non pathogène est introduite dans le sol naturel selon différents modes de formulation : talc, microgranulés (K), microgranulés enrichis (Ke) à une dose de 10^5 propagules /g de sol. L'activité antagoniste est exprimée en pourcentage de plantes saines.

Source : MNHN, Paris

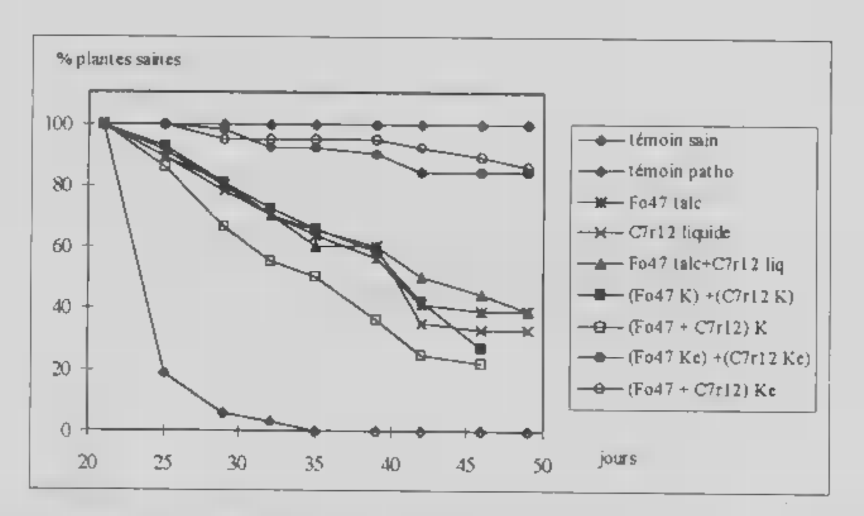


Fig. 4. — Activité antagoniste de la souche Fo47 et de la souche C7r12 vis-à-vis de la souche pathogène du lin Foln3. Les agents de lutte biologiques sont introduits en sol naturel, seuls ou en combinaison selon différents modes de formulation : liquide (liq), talc, microgranulés (K), microgranulés enrichis (Ke) à une dose de 10^5 propagules de Fo47 et 10^8 CFU de C7r12 /g de sol.

Cependant cet effet synergique est plus important lorsque les deux agents de lutte biologique sont introduits ensembles mais sous forme de deux inoculums séparés (fig. 4). Lorsque les deux populations sont introduites en sol désinfecté dans le même support de formulation, elles entrent en compétition mutuelle pour le substrat, ce qui affecte leur croissance dans le sol et diminue leur activité antagoniste. En sol naturel, l'adversité des facteurs biotiques minimise l'influence de cette compétition, ce qui se traduit par une activité antagoniste équivalente des combinaisons Fo47-C7r12. La meilleure protection est cependant obtenue quand les microgranulés enrichis sont utilisés comme support de formulation (fig. 4). Les inoculums bactériens et fongiques doivent donc être préparés séparément et mélangés avant l'introduction dans le sol, ce qui est compatible avec leur mode de production et les conditions pratiques d'application en sol naturel comme en substrat de culture désinfecté.

RÉFÉRENCES

ALABOUVETTE C., LEMANCEAU P. & STEINBERG C., 1993 — Recent advances in biological control of *Fusarium* wilts. *Pesticide science*, 37 : 365-373.

ALABOUVETTE C. & STEINBERG C., 1995 — Suppressiveness of soils to invading microorganisms. *In* : H. Hokkanen and J.M. Lynch (eds), Benefits and risks of introducing biocontrol agents, Cambridge University Press, pp 3-12.

Source : MNHN, Paris

FOUILLEUX G, REVELLIN C, HARTMANN A. & CATROUX G., 1996 — Increase of *Bradyrhizobium japonicum* numbers in soils and enhanced nodulation of soybean (*Glycine max* L. Merr.) using granular inoculants amended with nutrients. *FEMS microbial ecology* 20 : 173-183.

LEMANCEAU P. & ALABOUVETTE C., 1991 — Biological control of *Fusarium* diseases by fluorescent *Pseudomonas* and non pathogenic *Fusarium*. *Crop protection* 10 : 279-286

Source : MNHN, Paris